

JP7-321407

Abstract

## RESIN-SEALED LASER DIODE DEVICE

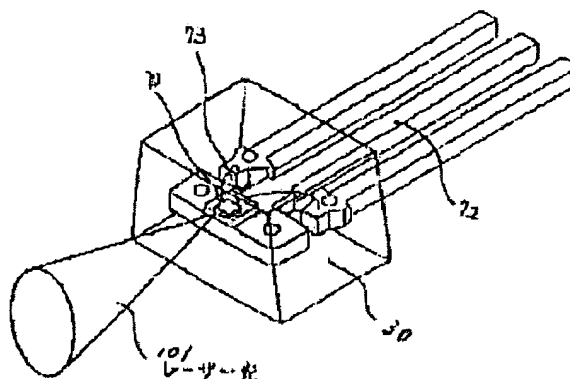
Patent number: JP7321407  
Publication date: 1995-12-08  
Inventor: KUNIHARA KENJI; SHINDO YOICHI; MOJIRIKAWA HIROMI; UMEGAKI TAKU; NAGANO SATORU  
Applicant: FUJI ELECTRIC CO LTD  
Classification:  
- International: H01S3/18; H01L23/28; H01L23/29; H01L23/31  
- european:  
Application number: JP19940065810 19940404  
Priority number(s): JP19940004305 19940120; JP19940065810 19940404; JP19930077264 19930405

Report a data error here

## Abstract of JP7321407

**PURPOSE:** To obtain a resin-sealed laser diode device which can prevent an exfoliation between an edge protective film and an edge-destruction preventive layer for a laser diode chip, which can prevent an exfoliation between the edge-destruction preventive layer and a sealing resin and which prevents a defect from being generated due to the disorder of a far-visual-field image by a method wherein rubberlike dimethyl polysiloxane is added, as a main component, to an organic silicon resin.

**CONSTITUTION:** A resin-sealed laser diode device is constituted of a laser diode chip 10 provided with light-emitting edges emitting a laser beam 101 inside an active layer to the front and rear directions, of a lead frame 72 which supports and controls the chip via a support substrate, of a sealing resin layer 30 which hermetically seals the chip from the open air and of an edge-destruction preventive layer which is composed of an organic silicon resin of a low absorption coefficient with reference to the wavelength band of the laser beam and which prevents the sealing resin layer near the light-emitting edges from being destroyed due to the laser beam. Since the organic silicon resin is composed of a thermosetting resin composed mainly of rubberlike dimethyl polysiloxane, the damage of the sealing resin layer due to light is reduced, and the life of the device is increased remarkably.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-321407

(43) 公開日 平成7年(1995)12月8日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号    | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|------|-----------|-----|--------|
| H 0 1 S 3/18              |      |           |     |        |
| H 0 1 L 23/28             |      | D 8617-4M |     |        |
| 23/29                     |      |           |     |        |
| 23/31                     |      |           |     |        |

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 17 頁)

|              |                |          |   |
|--------------|----------------|----------|---|
| (21) 出願番号    | 特願平6-65810     | (71) 出願人 | 000005234<br>富士電機株式会社<br>神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 |
| (22) 出願日     | 平成6年(1994)4月4日 | (72) 発明者 | 国原 健二<br>神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号<br>富士電機株式会社内    |
| (31) 優先権主張番号 | 特願平5-77264     | (72) 発明者 | 進藤 洋一<br>神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号<br>富士電機株式会社内    |
| (32) 優先日     | 平5(1993)4月5日   | (72) 発明者 | 綴川 弘美<br>神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号<br>富士電機株式会社内    |
| (33) 優先権主張国  | 日本 (J P)       | (74) 代理人 | 弁理士 山口 巖                                    |
| (31) 優先権主張番号 | 特願平6-4305      |          |   |
| (32) 優先日     | 平6(1994)1月20日  |          |   |
| (33) 優先権主張国  | 日本 (J P)       |          |   |

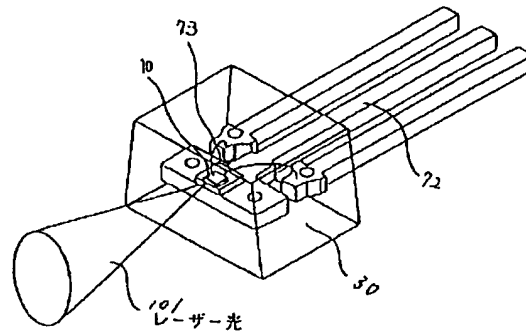
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 樹脂封止形レーザーダイオード装置

(57) 【要約】

【目的】 長時間寿命の樹脂封止形半導体レーザーダイオード装置とすること。

【構成】 前方発光端面側の封止樹脂をレーザー光エネルギーによる劣化から保護するために、前方発光端面上に熱硬化型のゴム状有機珪素樹脂を被覆すると共にその膜厚を発光端面の活性層と同一平面上で50 $\mu$ m以上とする。また、レーザーの後方発光側のフォトダイオード面上でのゴム状有機珪素樹脂の形状をフォトダイオード受光面に対して凸形とする。さらに、レーザー光の遠視野像の乱れを防ぐために、発光端面の端面保護膜を少なくともその最表面で2酸化珪素を主成分とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性層のレーザー光を前後方向に出射する発光端面を有するレーザーダイオードチップと、前記発光端面を保護する端面保護膜と、このチップを支持基板を介して支持・制御するリードフレームと、前記チップを外気に対し密封する樹脂と、前記レーザー光の波長帯に対する吸収係数の低い有機珪素樹脂からなりレーザー光による発光端面近傍の封止樹脂の破壊を防止する端面破壊防止層とを有する樹脂封止形レーザーダイオード装置において、前記有機珪素樹脂がゴム状で、ジメチルポリシロキサンを主成分として含むことを特徴とする樹脂封止形レーザーダイオード装置。

【請求項2】 請求項1に記載の樹脂封止型レーザーダイオード装置において、前記端面保護膜の材質が、少なくとも、前記有機珪素樹脂との接触面において、2酸化珪素を主成分とすることを特徴とする樹脂封止形レーザーダイオード装置。

【請求項3】 請求項1または2に記載の樹脂封止型レーザーダイオード装置において、前記ゴム状有機珪素樹脂が、熱硬化型樹脂であることを特徴とする樹脂封止型レーザーダイオード装置。

【請求項4】 請求項1ないし3のいずれかに記載の樹脂封止形レーザーダイオード装置において、ジメチルポリシロキサンを主成分とするゴム状有機珪素樹脂からなる端面破壊防止層の膜厚が前記チップの活性層の面の延長平面上の前方発光端面側で、 $50\mu\text{m}$ 以上にされたことを特徴とする樹脂封止形レーザーダイオード装置。

【請求項5】 請求項1ないし4のいずれかに記載の樹脂封止形レーザーダイオード装置において、前記レーザーダイオードチップの支持基板が前記活性層の面と平行に形成されたフォトダイオードの受光面を備え、この受光面により後方発光側のレーザー光がモニターされることを特徴とする樹脂封止形レーザーダイオード装置。

【請求項6】 請求項5に記載の樹脂封止形レーザーダイオード装置において、前記端面破壊防止層の厚みが後方発光側で前記フォトダイオードの受光面に対しては凸形状に形成されていることを特徴とする樹脂封止形レーザーダイオード装置。

【請求項7】 請求項1ないし6のいずれかに記載の樹脂封止形レーザーダイオード装置において、前記レーザーダイオードチップがその前方発光端面を前記支持基板の端面と面を揃えて固定されてリードフレーム上に搭載されていることを特徴とする樹脂封止形レーザーダイオード装置。

【請求項8】 請求項1ないし6のいずれかに記載の樹脂封止形レーザーダイオード装置において、レーザーダイオードチップが、リードフレームの端部から、前記前方発光側のレーザー光がこのリードフレームにより実質的に遮光されない範囲の内側に固定されたことを特徴とする樹脂封止形レーザーダイオード装置。

【請求項9】 請求項8に記載の樹脂封止形レーザーダイオード装置において、レーザーダイオードチップのリードフレームに固定される位置が、リードフレームの端部からの距離を $X$ 、リードフレームから前記活性層までの距離を $L$ 、レーザー光の垂直放射方向の半値全幅角を $\Theta_v$ とすると、 $0 < X < L \cot(\Theta_v/2)$ であることを特徴とする樹脂封止形レーザーダイオード装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、レーザーダイオードチップを樹脂封止して形成したレーザーダイオード装置に関し、特にレーザーダイオードチップからのレーザー光の発光に伴う封止樹脂の損傷防止及び遠視野像を確保する技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来のレーザーダイオード装置として、図9に示すような、レーザーダイオードチップ10をシステム61の放熱体62に半田付けし、ガラス窓付のキャップ63をシステム61上へ溶接することにより封止したキャンタイプのものが一般的である。

【0003】 一方、単位面積当たりの光密度の低いLEDなどの発光素子では、すでに樹脂タイプが用いられていたし、レーザーダイオードでも生産コストを低く、形状の自由度も大きなものとするために樹脂封止タイプのものが既に知られている。しかし、特にレーザーダイオードのような光密度の高い発光素子を樹脂で封止することについては、レーザー光による封止樹脂の光損傷の問題がまだ十分に解決されたとは言いがたく、長期信頼性の点で必ずしも十分に満足のいくものではなかった。

【0004】 例えば、そのような樹脂封止タイプのレーザーダイオードで、特に光透過性に優れた透明エポキシ樹脂により封止された素子を、周囲温度60℃、光出力3mWのAPC(オートマチックパワーコントロール)動作下において寿命試験を行うと、100時間以内にレーザーダイオードのレーザー光出射部(約 $5\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ )と接する封止樹脂が光損傷を受けて前記レーザー光出射部に対応した箇所に穿孔痕状の穴が開き、レーザーダイオードの特性が劣化するものが多く見られた。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 このような樹脂の光損傷による特性劣化を防止するためにレーザーダイオードチップと封止樹脂との間に、そのレーザー光の波長帯で吸収係数が低く耐熱性の良い材質で構成した端面破壊防止層を形成すると効果があることが見つけられた。この発明については本発明と同一の出願人により既に出願されている。この端面破壊防止層の材質は無機材料ではアルミナ、シリカ、低融点ガラスが、有機材料ではシリコン樹脂が適している。詳細は特願平3-264067号を参照されたい。

【0006】 その樹脂封止レーザーダイオード装置の一

3

例を図1に斜視図として示す。また図1に示すレーザーダイオードチップ10の一部断面斜視図を図2に、さらに図3にはその電極7を長辺に沿ってカットした断面図として示す。これらの図に示したレーザーダイオードチップ10はn型のGaAs基板2の上にAlGaAsからなるn型クラッド層3と活性層4とP型クラッド層5とGaAsからなるP型キャップ層6が積層され、P型キャップ層6上には電極7が、GaAs基板側には電極8がそれぞれ設けられて成っている。その活性層4の中心部に電流が集中するように、図示はしていないがP型クラッド層5に電流狭窄部が設けられている。また、発光端面9の表面上にはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの絶縁性誘電体薄膜からなる端面保護膜20bが0.5μm以下の厚みでコートされている。このチップ10の発光端面のレーザー光出射部の大きさは約5μm×1μmである。光出射部を含む発光端面9にコーティングされた端面保護膜20bにはレーザー光の波長帯で吸収係数が低く、耐熱性の良い端面破壊防止層20が設けられている。そして図4に示す図1とは異なる外形の樹脂封止形レーザーダイオードの断面図に示すように、前記端面破壊防止層20を備えたレーザーダイオードチップ10がリードフレーム72に支持された放熱板71の上に取

りつけられ、周囲を透明なエポキシ樹脂などの封止樹脂30で封止され樹脂封止形のレーザーダイオードとされる。

【0007】前記放熱板71はSi基板からなり、その一部の上面にフォトダイオード73が作り込まれている。その受光面はレーザーダイオードチップ10の前記各層2ないし6および電極7、8に対して平行な位置関係でこのチップ10の後方側の出射光101bをモニターできるようにになっている。前記5μm×1μmの出射部端面から出射されたレーザー光101はレーザー光強度分布の半値幅が横方向角度約10度、縦方向角度約40度の広がり角で放射する。従って、レーザー光101の進行距離mのほぼ2乗に比例してビーム面積102が拡大し、反対に光密度はレーザー光101の進行距離mのほぼ2乗に反比例して減少していくことになる。

【0008】しかしながら、光密度の高いチップの発光端面を端面破壊防止層で被覆した場合、図5のレーザーダイオードチップの出射部近傍の拡大断面図に示すごとく、発光端面9から端面破壊防止層20の表面20aに向かってレーザー光101の光密度は端面破壊防止層20の膜厚の2乗分の1となる。これらのことを考慮に入れて検討する過程で、樹脂層表面でレーザー光の光密度が充分低下するのに必要な端面破壊防止層20の膜厚と樹脂封止タイプのレーザーダイオードの長寿命化とが密接な関係を持つことが分かってきた。この端面破壊防止層について、本発明との関わりが大きいので、以下詳述する。

【0009】この端面破壊防止層として最適な材質はシリコン樹脂である。端面破壊防止層にシリコン樹脂

4

を用いた場合のレーザーダイオードの製造プロセスを図6に示す。最初に、発光端面にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる端面保護膜20bをコーティングしたレーザーダイオードチップ10を、Si基板からなる放熱板71上に形成されたフォトダイオード73の受光面73aと隣接し、チップ10の発光端面と放熱板71の側端面とが面一になるような所定の位置にはんだ74でジャンクションダウン方式で接合する(図6(a))。その後チップ10を固着した放熱板71をAgエポキシ接着剤75でリードフレーム72上の所定の位置に固着し(図6(b))、チップ10とフォトダイオード73とリードフレーム72の外部引出電極端子721、722をワイヤボンディングにより接続する(図6(c))。次に図示しないディスペンサーでチップ10の斜め上から液体状のシリコン樹脂を適量塗布し、加熱硬化して端面破壊防止層20を形成する(図6(d))。その後レーザー光に透明なエポキシ樹脂30を用いて所要の形状に封止してレーザーダイオードとする(図6(e))。このレーザーダイオードは形状のフレキシビリティが高く、図4のようなキャンタイプと同一の形状も可能であるが、図6(e)では生産性、応用機器への適応性に優れたフラットタイプを示した。

【0010】上記のような端面破壊防止層を有するレーザーダイオードにおいて、その層としてジメチルポリシロキサン樹脂を用い、その膜厚と寿命時間の関係を調べたところ、膜厚が20~30μmで3800~12000時間の寿命を得た。寿命時間は前記封止樹脂が光損傷を受けレーザーの光出力に変動を生じるまでの時間に相当する。このように端面破壊防止層があるために樹脂封止形レーザーダイオードの寿命が飛躍的に長くなり、キャンタイプに匹敵する性能も得られるようになった。

【0011】また、レーザーダイオードを所定の光出力で発光させたときの後方側の出射光を受光するフォトダイオードのモニター電流値(I<sub>m</sub>)が大きく増大している素子が20~30%もあることが判った。このモニター電流値(I<sub>m</sub>)はレーザーダイオードの前方発光の出力コントロールに用いるため大きな変動はあってはならないため不良素子として扱われる。このような大きな変動のある不良素子の原因を究明したところ図7の断面図に示すごとく、放熱板71に作り込まれたフォトダイオード73上に付着したシリコン樹脂20と封止樹脂30との間に、その熱膨張係数の差異に基づく界面応力を原因とする界面剥離80aを必ず伴うことが判った。この不良素子の原因はその剥離部80aに入射したレーザー光101の一部が反射101cし剥離80aが無いときに比べその分余計にフォトダイオード73に入射するようになるためと考えられる。

【0012】これに対しては端面破壊防止層の材質であるシリコン樹脂と封止樹脂間の接着性を高めることにより剥離しにくくするために、シリコン樹脂の表面に

紫外線などの高エネルギー線を照射する方法が考えられた(特願平3-329023号)。しかしこの方法によれば、前方発光端面側では剥離に対して顕著な効果が認められたが、後方発光側ではあまり効果がなく、上記モニター電流値(I<sub>m</sub>)の変動不良はあまり減少しなかった。

【0013】剥離を防止する方法としては、端面破壊防止層と封止樹脂の熱膨張係数を整合させるとか端面破壊防止層と封止樹脂を同じ材質にすることなどが考えられるが、現状では適当な組合せの樹脂は見出されていない。また製造上からも所要膜厚のシリコン樹脂からなる端面破壊防止層をレーザーダイオードチップの前方および後方発光端面に限定して形成することは非常に困難である。

【0014】また同様に、上記寿命試験に供したレーザーダイオードについて試験途中の電気、光学特性を調べたところ、レーザーダイオードの出射光の遠視野像(FFP)に著しい乱れを生じる不良素子が1%程度発生していることが判明した。更に、85℃で30分放置→40℃に急冷し30分放置→再び85℃に急熱、これを1サイクルとするヒートサイクル試験を行った結果、200サイクルを越え

ると同様の不良が頻発することが明らかになった。

【0015】この不良素子について原因究明したところ、図16(a),(b)に示すごとく、発光端面にコーティングしてあるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの絶縁性誘電体からなる端面保護膜20bと端面破壊防止層20の材質であるゴム状有機珪素系樹脂20の界面接着部に剥離50が生じていることが判明した。不良素子ではこの剥離部50の少なくとも一部は、必ずレーザー光出射部51にかかっていた。一方、良品素子は同様の剥離を生じているものの、レーザー光出射部51では発生していない。

【0016】すなわち、レーザー光出射部51のレーザー光透過部に発生した絶縁性誘電体からなる端面保護膜20bとゴム状有機珪素系樹脂からなる端面破壊防止層20の間の剥離部を透過したレーザー光が散乱し、その遠視野像(FFP)に乱れを生じ、不良となったものと考えられる。剥離は、レーザーダイオードチップ10とゴム状有機珪素系樹脂20との熱膨張係数の差異を原因としており、その差異によって、端面保護膜20bと端面破壊防止層20の間に剥離が発生させたものである。

【0017】端面保護膜20bと端面破壊防止層20の間の接着を向上し、その間の剥離を防止するための方法としては、端面保護膜20bの表面に紫外線などの高エネルギー線を照射し、その様な前処理ゴム状有機珪素系樹脂を塗布するなどの方法もあるが、上記問題の完全な解決にはならなかった。そこで、本発明では、上記の問題点に鑑みて、レーザーダイオードチップの端面保護膜と端面破壊防止層間の剥離、また、端面破壊防止層と封止樹脂間の剥離を防止でき遠視野像の乱れによる不良の発生がなく、レーザー光モニター用フォトダイオードのモニター電流値(I<sub>m</sub>)に変動がなく、かつ長期の寿命を有

する樹脂封止形レーザーダイオードを実現することを課題とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、本発明においては、活性層内のレーザー光を前後方向に出射する発光端面を有するレーザーダイオードチップと、このチップを支持基板を介して支持・制御するリードフレームと、前記チップを外気から密封する樹脂と、前記レーザー光の波長帯に対する吸収係数の低い有機珪素樹脂からなりレーザー光による発光端面近傍の封止樹脂の破壊を防止する端面破壊防止層と発光端面をコーティングする絶縁性誘電体からなる端面保護膜とを有する樹脂封止形レーザーダイオード装置において、前期端面保護膜と前期有機珪素樹脂の接触面において端面保護膜の最表面を2酸化珪素を主成分とするものであり、さらに前記有機珪素樹脂をゴム状ジメチルポリシロキサンを主成分として含むものであり、またゴム状有機珪素樹脂は熱硬化型樹脂であり、さらに前記端面破壊防止層の膜厚を活性層の面の延長平面上の前方発光端面側で、50μm以上にする構成とするものであり、前記チップの支持基板が前記活性層の面と平行に形成されたフォトダイオードの受光面を備え、この受光面により後方発光側のレーザー光をモニターするものであり、また前記チップがその前方発光端面を前記支持基板の端面と面を揃えてリードフレーム上に搭載されているものであってよく、さらにまたレーザーダイオードチップが、リードフレームの前記前方発光側の端部から、前記レーザー光がこのリードフレームにより実質的に遮光されない範囲内の位置に固定されることができ、その固定される位置が、リードフレームの端部からの距離をX、リードフレームから前記活性層までの距離をL、レーザー光の垂直放射方向の半値全幅角を $\Theta_v$ とすると、 $0 < X < L \cot(\Theta_v/2)$ であってよいものである。

【0019】

【作用】かかる手段によれば、端面保護膜と端面破壊防止層との接着部において端面保護膜の最表面を2酸化珪素によりコーティングすることにより両者の接着強度が向上し界面剥離が生じることがないため、レーザー光が剥離部に当たり散乱せず遠視野像の乱れによる不良を防止できる。また、端面破壊防止層を特にレーザー光の前方発光端面部で50μm以上の膜厚の熱硬化型ゴム状シリコン樹脂としたため、封止樹脂との間の熱膨張係数の差異を端面破壊防止層の伸縮により吸収できるようになり、端面破壊防止層と封止樹脂間の界面剥離を防止できる。また、端面破壊防止層が厚いため、その分封止樹脂への光損傷も軽減されるので、さらにいっそうの長寿命化が図れる。さらにレーザーダイオードチップの前記分厚い端面破壊防止層による応力緩和の構造と共に、フォトダイオード側においてもシリコン樹脂の付着断面形状をフォトダイオードの受光面に対して凸状に変える

ことにより、熱膨張係数の差異からその界面に発生する応力をレーザー光の透過しない領域に集中させるものであり、言い換えるとゴム状シリコン樹脂の伸縮でも吸収できない程度の大きな応力がかかりその応力を緩和するために部分的な界面剥離が発生した場合においても、その発生場所をレーザーダイオードの電気・光学特性に影響しない部位に限定させるようにできる。

【0020】要するに、ゴム状シリコン樹脂からなる端面破壊防止層を分厚くコーティングすることにより、長期間にわたって電気・光学特性の維持された信頼性の高い樹脂封止形レーザーダイオード装置を実現できる。

【0021】

【実施例】以下に図面を参照しながら本発明の実施例を説明する。図1に、本発明の一実施例に係る樹脂封止形レーザーダイオード装置の斜視図を示す。さらに図8は特に本発明に係り、そのうち図8(a)は封止樹脂層30とレーザーダイオードチップ10の間に設けられる端面破壊防止層を含む樹脂封止形レーザーダイオード装置を側面から見た拡大断面図を示し、図8(b)は同じく封止樹脂を除いて見た平面図であり、図8(c)は同じく正面から封止樹脂を除いてみた図である。図8ではフォトダイオード73が作り込まれたS1基板からなる放熱板71の所定位置にレーザーダイオードチップ10がシリコン樹脂によりなる膜厚50μm以上の端面破壊防止層20で被覆され、更に全体が封止樹脂(透明エポキシ樹脂)30で封止された様子を拡大して示している。

【0022】この端面破壊防止層20はゴム状の有機系材料の特性を活かしたコーティング方法を用いて形成された形状となっている。即ち、端面破壊防止層20は量産方法として優れた滴下法により形成された液滴状の外形をなしており、図8(b)、(c)で示されるようにチップ10を中心に前後左右に広がっており、チップ10の前方発光端面9側は放熱板71の側面を経てリードフレーム側面を覆い、後方発光端面側は放熱板71のフォトダイオード73の受光部73aを覆い、リードフレーム72の表面に広がる。またチップ10の左右方向は放熱板71の表面に広がり、リードフレーム72への封止樹脂30の食いつき向上のため設けてある貫通孔77の周囲まで達する。このように端面破壊防止層20は広

い領域に被覆されるが、リードフレーム72の裏面には広がっていない。封止樹脂30との接着性の悪いシリコン樹脂のような端面破壊防止層20がリードフレーム72の裏面へ広がることは封止樹脂30とリードフレーム72の接着性を低下させる要因となるため好ましくない。

【0023】次にこの端面破壊防止層20の形成方法を説明する。フォトダイオード73が作り込まれた放熱板71上の所定位置に、レーザーダイオードチップ10をジャンクションダウン方式で半田付けする。次に放熱板71をAgエポキシ接着剤75でリードフレーム72上に固着し、さらにチップ10、フォトダイオード73の電極とリードフレーム72の外部引出電極端子721、722をAu線76によるワイヤボンディングにより接続する。その後液状のシリコン樹脂の適量を図示しないディスペンサーでチップの上方から滴下する。樹脂は表面張力で放熱板71とリードフレーム72上に広がる。熱硬化型シリコン樹脂では次にクリーンオープン内で加熱硬化すると図8に示するような形状の端面破壊防止層20となる。なおuv(紫外線)硬化型シリコン樹脂の場合は、uv照射により同様の形状が得られる。

【0024】上記に従い、各種のシリコン樹脂をコーティングし、透明エポキシ樹脂で封止したレーザーダイオードを製作し、寿命試験を行うとともに、一定時間間隔で電気・光学特性を調べた。なお、試験条件は、60℃、5mW、APC動作である。また、寿命時間は封止樹脂が光損傷を受け、レーザー光出力に変動を生ずるまでの時間とした。実験に供したシリコン樹脂の種類(ゴム、ワニス、樹脂名A、B、C、D)、滴下量および膜厚などを表1に示す。なお、樹脂名A、B、Cはゴム状で、JIS-Aに従って測定したゴム硬度でそれぞれ約50、20、50(数字が大きい程硬いことを表す)の樹脂、樹脂名Dはワニスであり、また膜厚はレーザーダイオードチップの前方発光端面側で前記チップの活性層の延長平面上において測定した値である。また、樹脂名Cはuv硬化型樹脂であり、樹脂名A、B、Dは熱硬化型樹脂である。

【0025】

【表1】

| 番号 | 種類  | 珪素樹脂 | 主成分         | 滴下量<br>(mg) | 硬化条件        | 膜厚<br>μm |
|----|-----|------|-------------|-------------|-------------|----------|
| 1  | グム  | A    | ジメチルポリシロキサン | 0.3         | 150℃、4時間    | 2.5      |
| 2  |     | A    |             | 0.6         | " "         | 5.0      |
| 3  |     | B    |             | 0.3         | " "         | 2.9      |
| 4  |     | B    |             | 0.6         | " "         | 5.3      |
| 5  |     | C    |             | 0.3         | uv照射、1000mJ | 2.7      |
| 6  |     | C    |             | 0.6         | " "         | 5.5      |
| 7  | ワニス | D    |             | 0.3         | 150℃、4時間    | 2.3      |
| 8  | ス   | D    |             | 0.6         | " "         | 4.7      |

【0026】上記条件で端面破壊防止層を形成後、透明エポキシで樹脂封止した。前記試験条件で寿命試験を行い、端面破壊防止層の膜厚と寿命時間の関係を調べるとともに、試験途中において一定時間間隔でレーザーダイオードの電気・光学特性を調べ不良の発生の有無を確認した。なお、寿命時間はMTTF値で表した。また、電気・光学特性とは電流—光出力(I-L)、電流—電圧(I-V)、

30

フォトダイオードのモニター電流値(I<sub>m</sub>)、遠視野像(FFP)などであり、不良率(%)は電流—光出力(I-L)が正常な特性を示すものに対する累積不良率である。表2にその測定結果を示す。

【0027】

【表2】

| 番号 | 種類  | 珪素樹脂 | 膜厚<br>( $\mu\text{m}$ ) | 寿命時間<br>(Hrs) | 不良率 (%)                 |          |
|----|-----|------|-------------------------|---------------|-------------------------|----------|
|    |     |      |                         |               | モニター電流(I <sub>m</sub> ) | その他の特性   |
| 1  | ゴム  | A    | 2.5                     | 約5,000        | 2.5                     | 0        |
| 2  |     | A    | 5.0                     | 約20,000       | 1以下                     | 0        |
| 3  |     | B    | 2.9                     | 約5,000        | 2.0                     | 0        |
| 4  |     | B    | 5.3                     | 約20,000       | 1以下                     | 0        |
| 5  |     | C    | 2.7                     | 約5,000        | 3.5                     | 5(FPP不良) |
| 6  |     | C    | 5.5                     | 約20,000       | 1.5                     | 5(FPP不良) |
| 7  | ワニス | D    | 2.3                     | 約5,000        | 3.0                     | 0        |
| 8  |     | D    | 4.7                     | 1,000以下       | 1.0                     | 0        |

\*1 樹脂A, B, Dは熱硬化型樹脂である。

\*2 樹脂Cはuv硬化型樹脂である。

【0028】表2に示す測定結果から、1ないし4番の熱硬化型のゴム状シリコン樹脂（ジメチルポリシロキサン）を用いた場合、膜厚が増加するとほぼそれに比例して寿命時間が長くなり、反対にモニター電流値（I<sub>m</sub>）不良が激減することが理解される。このモニター電流値（I<sub>m</sub>）不良を解体して調べたところ、全てがフォトダイオード上方での封止樹脂とシリコン樹脂との間の界面剥離を伴っていることが判った。

【0029】一方、uv硬化型のゴム状シリコン樹脂5番、6番においては、熱硬化型と比べて寿命時間は同様の傾向を示すがモニター電流値にかかわる不良率が高く、膜厚を増加させても減少の傾向が少なく、しかも前方出射面におけるシリコン樹脂と封止樹脂間の界面剥離に起因する遠視野像(FPP)不良を多発するため採用は困難である。モニター電流不良の原因は熱硬化型と同様にフォトダイオード上方での封止樹脂とシリコン樹脂間の界面剥離によるものであった。

【0030】他方、ワニスの場合膜厚が増加すると同様にモニター電流値（I<sub>m</sub>）不良が減少するが寿命時間は逆に短くなるので、採用困難である。そこで、ワニスを厚塗りした素子の急速な寿命時間の劣化原因について調べたところ次の理由が判明した。ワニスを厚塗りした表2の8番の素子について微視解析で劣化部を特定したとこ

ろ、封止樹脂は全く光損傷を受けていないのに、電流—光出力（I—L）が劣化し、発光効率が著しく低下しており、さらに劣化したチップの活性層に多数の転位が発生していることが判った。また、表2の7番の素子について同様に調べた結果、劣化した素子のほとんどが封止樹脂の光損傷が原因であったが、一部の活性層に多数の転位が発生して劣化した素子も見られた。

【0031】以上のことから、ワニスを厚塗りした表2の8番の素子の急速な劣化の原因は硬化したワニスが非常に硬いためワニスとチップの熱膨張係数の差異から発生する応力がもろにチップにかかることにより、活性層に多数の転位が発生してレーザーダイオードチップそのものが劣化したものと推定できる。従って、ワニスの場合には厚塗りすると前述のようにモニター電流値不良は減少するが、寿命劣化が顕著となるので、採用困難と判断した。

【0032】一方、熱硬化型のゴム状シリコン樹脂の場合は、表2の2番と4番のゴムの硬度を変えた素子で特性上の差がほとんど無いことから判るように、応力が発生してもゴム自身がその応力を吸収してしまい、ほとんどチップには応力がかからないため、その応力を原因とする劣化は発生しないと考えられた。熱硬化型ゴム状シリコン樹脂の厚塗りにより、モニター電流値不良



を防止できる原因を探るために、表2の2番と4番の厚塗り素子と1番と3番の標準塗りの素子について、フォトダイオード上のシリコン樹脂と封止樹脂の界面の剥離状況を調べた。1～4番の素子におけるモニター電流値不良の素子ではいずれもフォトダイオード73上のシリコン樹脂20と封止樹脂30の界面に図10に斜線で示す剥離部80aがあった。2番と4番の厚塗りの素子では表2でその寿命時間が他のものに比して長いことから推察されるようにそもそも剥離の発生確率が少ない上、あるにしても剥離部80bの発生箇所は図11に示すようにフォトダイオード73の真上のシリコン樹脂と封止樹脂の界面ではなく、フォトダイオード73と放熱板73の周囲を外側から取り囲むような部位の前記界面であった。これらことから、2番と4番の厚塗りの素子でモニター電流値不良が激減する原因は剥離がそもそも少ないことに加えて、たとえ剥離が発生してもレーザー光の通らない領域に発生するためと考えられる。

【0033】図12に厚塗りの素子(図12(b))と標準塗りの素子(図12(a))の端面破壊防止層20の断面形状を示す。図12に示すように、フォトダイオード73上の端面破壊防止層20の断面形状が標準塗りの素子ではフォトダイオード73の受光面に対して凹形となっているのに対して厚塗りの素子では平坦か若干凸形になっている。さらに詳細に断面観察を行った結果厚塗りの素子では剥離が発生している部分である放熱板71周囲部に付着した端面破壊防止層20の断面形状20aがリードフレーム72面に対して凹んでいることも分かった。すなわち、端面破壊防止層の形状が凹んでいる部位に剥離が集中して発生する。剥離の原因は端面破壊防止層と封止樹脂間の熱膨張係数の差異から発生した応力が端面破壊防止層の凹んでいる部位に集中したためと考えられる。

【0034】一方、uv硬化型のゴム状シリコン樹脂の場合その形状は熱硬化型とほぼ同様の傾向を示すにもかかわらず、フォトダイオードの真上のシリコン樹脂と封止樹脂の界面に大きな剥離を生ずることが多い。さらに表2より分かるように前方出射面側に同様の界面剥離を生じ遠視野像(FFP)不良を発生させる。熱硬化型のシリコン樹脂ではuv照射により前方出射面側のシリコン樹脂と封止樹脂間の界面剥離を防止することが可能であるが、同様の処理を行ってもuv硬化型のシリコン樹脂では全く効果が認められなかった。

【0035】uv硬化型のゴム状シリコン樹脂で、なぜシリコン樹脂と封止樹脂の界面剥離が生じるのは、uv硬化型樹脂に含まれているuv増感剤やuv感応基によりシリコン樹脂の表面状態が変化し封止樹脂との接着強度を低下させたことが原因と推定される。以上のような理由によりuv硬化型のゴム状シリコン樹脂の採用は困難と判断した。

【0036】以上の説明では端面破壊防止層を前述の所

定のところで膜厚50μm以上にするのとフォトダイオード上方のゴム状シリコン樹脂の前記凸形とは相互関係があるが、直接的には前方発光側と後方側というように不良発生の原因となる箇所が異なるので、両者を区別して説明したのである。このように、端面破壊防止層の材質を熱硬化型ゴム状有機珪素樹脂とし、端面破壊防止層を厚塗りしその膜厚をレーザーダイオードチップの前方発光端面側の前記チップの活性層の面の延長面上で50μm以上とすることにより、寿命時間を20,000時間以上にでき、さらに少なくとも後方発光端面側のフォトダイオード面上で界面剥離をおこさないように受光面に対して凸形状の界面を有するゴム状シリコン樹脂とすれば、フォトダイオードのモニター電流値不良も少なくできるので、両方の構成を備えることが望ましいが、少なくとも前者の膜厚50μm以上の構成であれば、本発明の効果は十分に得られることは言うまでもない。以後、ゴム状有機珪素樹脂は熱硬化型を示す。

【0037】次に、前述した本発明の構成について、その製造方法を説明するために端面破壊防止層を形成する工程において、ディスペンサーで滴下するシリコン樹脂の滴下量を増加してさらに膜厚を厚くした樹脂封止形レーザーダイオード装置の製造プロセスについて具体的に説明する。図13はこの発明に用いられるリードフレーム72の平面図を示す。このリードフレーム72は、フォトダイオードが作り込まれ、かつレーザーダイオードチップを搭載する放熱板を固着する部分の放熱を良くするため、その部分の面積を大きくしたT字形に設計しており、そのT字の横棒の両端側には封止樹脂とリードフレーム72との食いつき向上のため貫通孔77が設けられている。またリードフレームの表面にはAgメッキが施されているので、透明エポキシ樹脂からなる封止樹脂との接着性は良いが、シリコン樹脂と透明エポキシ樹脂からなる封止樹脂との接着性は一般的には良くない。従って、ディスペンサーで端面破壊防止層の形成のためシリコン樹脂をリードフレーム上のレーザーダイオードチップの上方から滴下する際、樹脂が必要以上に広がりすぎて薄くなったり、裏面側へ回り込んで封止樹脂との接着性の良くない樹脂面を増やしすぎたりすることのないようにすることが望ましい。端面破壊防止層の厚さをこの発明に従って厚くすると裏面へも樹脂が回り込み易くなるが、それを防ぐため、図14のリードフレームの平面図に示すような突起72cをT字の頭のところへ設けた形状のリードフレーム720を用いることも有効である。

【0038】図15に前記突起72cを有するリードフレーム720を用いた場合の本発明に係るレーザーダイオード装置のチップ周辺の拡大断面図を示す。レーザーダイオードチップ10はその前方発光端面9とSi基板からなる放熱板71の側端面71aとがほぼ面一になるように相互の位置が合わされて放熱板71上に半田付け

されている。このチップ10を搭載した放熱板71は前記リードフレーム720の突起72cの根元部分に例えば、チップ10の前方発光端面9と前記リードフレーム720のT字の肩の部分の端面72eの延長面とを揃えたところに固着する。この場合、滴下される端面破壊防止層形成用の樹脂は前記突起72c上の空間に溜まるため、樹脂の滴下量を増やしても裏面へ樹脂が回り込むことなく、端面破壊防止層20の膜厚dを大きくすることができる。しかし、前記樹脂が溜まる空間の突起72c上の端からチップの前方発光端面直下の位置までの距離Xは、チップから発光されたレーザー光が広がっても実質的にはリードフレーム72によって遮光されない程度、言い換えるとレーザー光強度分布の半値幅に相当する広がり角のレーザー光が遮光されない程度以内とすることが重要である。

【0039】例えば、前記距離Xは、この距離を大きくすることにより、端面破壊防止層の膜厚も厚くすることが可能であるが、実質的には距離Xの上限は、リードフレームから前記活性層までの距離をL、レーザー光101aの垂直放射方向の半値全幅角を $\Theta_v$ とすると、 $0 < X < L \cot(\Theta_v/2)$ で決められる。また、端面破壊防止層の膜厚を大きくするために前述のように突起のあるリードフレーム720を用いてもよいが、図13に示す突\*

\*起のないリードフレーム72を用いて、放熱板上に固着したレーザーダイオードチップをリードフレーム72のT字側の端面72eの端部より、レーザー光がリードフレーム72で遮光されない程度の内側に固着しても同様の効果が得られる。さらに、リードフレーム72の両貫通孔77間の間隔を上げたり、リードフレーム72において貫通孔77の外側の放熱部分をより大きくすることも、レーザーダイオード装置の特性上の他の観点からも望ましい。

10 【0040】フォトダイオード上に被覆されたシリコン樹脂断面形状はリードフレームの裏面への回り込みが起こらないかぎり、滴下量の増加と共に被覆樹脂の膜厚も厚くなり、図15示すようにフォトダイオードの受光面に対して凸形になる。前述の図14に示すリードフレーム720や図13に示すリードフレーム72を用いてレーザー光が遮光されない程度にリードフレームの端部から下げて固着することにより、端面破壊防止層の厚さを20 $\mu\text{m}$ から170 $\mu\text{m}$ まで変化させた樹脂封止形レーザーダイオード装置について前記表2と同様の電気・光学特性を調べて不良の発生の有無を測定した。その結果を表3に示す。

【0041】

【表3】

| 番号 | 種類 | 珪素樹脂 | 膜厚<br>$\mu\text{m}$ | 寿命時間<br>(Hrs) | 不良率 (%)        |        |
|----|----|------|---------------------|---------------|----------------|--------|
|    |    |      |                     |               | モニター電流<br>(Im) | その他の特性 |
| 7  | ゴム | A    | 20~30               | 3800~12000    | 25             | 0      |
| 8  |    | A    | 30~50               | 6000~15000    | 10             | 0      |
| 9  |    | A    | 50~80               | 15,000以上      | 0              | 0      |
| 10 |    | A    | 120                 | 30,000以上      | 0              | 0      |
| 11 |    | A    | 170                 | 60,000以上      | 0              | 0      |

【0042】前述のシリコン樹脂の滴下法によれば、表3に示すように端面破壊防止層の膜厚を50 $\mu\text{m}$ 以上に増やすことにより、フォトダイオードの受光面上に被覆されたシリコン樹脂の断面形状も凸形にし易くなるので、モニター電流値不良をほぼすべて防止できると共に、さらに寿命時間の大幅な増加もできた。このように端面破壊防止層の膜厚を50 $\mu\text{m}$ 以上にしたものはレーザーダイオード装置として要求されるヒートショックや高温高湿試験などの信頼性試験において特に良好な結果

を得ている。

【0043】また、フォトダイオードはレーザー光の射出方向に対して受光面がほぼ平行に配置されていれば良く、必ずしも放熱板に作り込まれずに別に設けられても良い。また、ゴム状有機珪素樹脂としてジメチルポリシロキサンを主成分とする樹脂のみを端面破壊防止層として用いた場合のみを説明してきたが、例えば、副鎖としてジメチル以外のアルキル基を有するものでも良いことは言うまでもないことである。また、さらに本発明の出

願人と同一の出願人になる特願平3-329023号に記載のように端面破壊防止層の表面へ紫外線照射による端面破壊防止層と封止樹脂との接着性向上技術を併用することも望ましいことである。

【0044】次に、図5にあるようなレーザーダイオードチップ10の発光端面9への端面保護膜20bのコーティングについて説明する。端面保護膜20bのコーティングは活性層等のレーザーダイオード構造を作り込んだP、N電極の付いた厚み100 $\mu$ mの矩形ウェハをレーザー光の発光方向に対して垂直な方向に短冊状にへき開し、レーザーダイオードチップが横一列に並んだ、幅(共振器長)200 $\mu$ m、長さ10mmのLDバーをつくる。へき開面は発光端面9に相当する面であり、鏡面であることが要求される。次に上記LDバーのへき開面(発光端面)の両側に絶縁性誘電体を順にコーティングし端面保護膜20bを形成する。絶縁性誘電体薄膜は異種の材質の多層膜でもよく、また、コーティング方法は、スパッタ、CVD、電子ビーム(Electron Beam)蒸着などによることが多く、ここではEB蒸着を用いた。このEB蒸着は図17に示すように以下を行う。上記LDバー11を各バーのへき開面12が同一平面に揃うように、各バーともP電極を上にして、蒸着治具13の所定位置に積層する。バーの両端を固定後、蒸着のチャンバーにセットする。蒸着治具13において、LDバー11の両側のへき開面12と平行な面はへき開面12が露出するよう窓構造となっている。また、蒸着治具13は自公転するようになっているため、蒸着治具13を反転することにより、反対側のへき開面12への蒸着ができる。チャンバーを真空引きし、真空度が1 $\times$ 10<sup>-4</sup>Pa以下になってから、電子ビームをハースに別\*30

\*々に収納してある蒸着ソース(シリカ、アルミナ、チタニア、ジルコニア:10mm $\phi$  $\times$ 3mm)の必要ソースに照射し高温に加熱・蒸発させる。シャッターを開け所定時間、所定厚み蒸着後、シャッターを閉じ、電子ビーム電源を切る。厚みは水晶振動子式の膜厚計で蒸着中観測出来るため正確な制御が可能である。また多層膜形成は、蒸着ソース材質を次々に取り替えることにより可能であり、チャンバーを開けることなく連続で蒸着出来る。片面のへき開面に所定の材料を蒸着後、チャンバーを開け、蒸着治具を反転しチャンバー内に再びセットし、上記操作を繰り返す。へき開面への蒸着終了後、蒸着治具よりLDバーを取り出し、250 $\mu$ mピッチでスクライプしてレーザーダイオードチップ10が完成する。

【0045】上記に従い、各種材質の端面保護膜20bをコーティングし、端面破壊防止層20としてジメチルポリシロキサンを主成分とした膜厚50 $\mu$ m以上のゴム状有機珪素樹脂を用いた、樹脂封止タイプのレーザーダイオードを試作し、寿命試験、および前記ヒートサイクル試験などの信頼性試験を行うとともに、一定時間毎に、素子の電気・光学特性を調べた。なお寿命試験条件は、周囲温度60℃、光出力5mW、APC動作である。また、寿命時間は樹脂封止(透明エポキシ)が光損傷を受けレーザーの光出力に変動を生ずるまでの時間とした。実験に供した端面保護膜20bの材質、膜厚、及び端面破壊防止層の材質、膜厚などを纏めて表4に示す。本実施例では、端面保護膜20bの膜厚は、それぞれの材質について $\lambda/2n$ ( $\lambda=800$ nm  $n$ :屈折率)に相当する厚みとした。

【0046】

【表4】

| 試作No | 端面保護膜                          |        | 端面破壊防止層    |        |
|------|--------------------------------|--------|------------|--------|
|      | 材質                             | 膜厚(nm) | 材質         | 膜厚(nm) |
| 1    | SiO <sub>2</sub>               | 276    | ゴム状有機シリケート | 55     |
| 2    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 250    | ↑          | 53     |
| 3    | TiO <sub>2</sub>               | 182    | ↑          | 52     |
| 4    | ZrO <sub>2</sub>               | 203    | ↑          | 54     |

【0047】上記条件で端面保護膜、端面破壊防止層を形成後、透明エポキシで樹脂封止した。前期試験条件で寿命試験、ヒートサイクル試験を行い、試験途中において一定時間間隔でレーザーダイオードの電気・光学特性を調べ、不良の発生を確認した。なお、寿命時間はMTTF

値で表し、電気・光学特性とは電流-光出力(I-L)、電流-電圧(I-V)、遠視野像(FFP)などであり、不良率(%)は電流-光出力(I-L)が正常な特性を示すものについての累積不良率(%)である。

【0048】寿命試験の結果を表5に、ヒートサイクル

試験の結果を表6に示す。

【0049】

\*【表5】

\*

| 試作No | 端面保護膜<br>材質                    | 寿命時間(Hr) | 不良率(%)                  |                    |
|------|--------------------------------|----------|-------------------------|--------------------|
|      |                                |          | 遠視野像(FFP)<br>In(Po=3mW) | FFP 以外の<br>電気・光学特性 |
| 1    | SiO <sub>2</sub>               | 約20,000  | 0                       | 0                  |
| 2    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 約20,000  | 1                       | 0                  |
| 3    | TiO <sub>2</sub>               | 約20,000  | 2                       | 0                  |
| 4    | ZrO <sub>2</sub>               | 約20,000  | 2                       | 0                  |

【0050】

※ ※【表6】

| 試作No | 端面保護膜<br>材質                    | 不良内訳         | ヒートサイクル数 |     |     |     |
|------|--------------------------------|--------------|----------|-----|-----|-----|
|      |                                |              | 100      | 200 | 300 | 400 |
| 1    | SiO <sub>2</sub>               | FFP 不良(%)    | 0        | 0   | 0   | 0   |
|      |                                | FFP 以外の不良(%) | 0        | 0   | 0   | 0   |
| 2    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FFP 不良(%)    | 0        | 9   | 8   | 12  |
|      |                                | FFP 以外の不良(%) | 0        | 0   | 0   | 0   |
| 3    | TiO <sub>2</sub>               | FFP 不良(%)    | 0        | 6   | 12  | 12  |
|      |                                | FFP 以外の不良(%) | 0        | 0   | 0   | 0   |
| 4    | ZrO <sub>2</sub>               | FFP 不良(%)    | 1        | 8   | 13  | 13  |
|      |                                | FFP 以外の不良(%) | 0        | 0   | 0   | 0   |

【0051】表5は寿命試験における遠視野像 (FFP) と FFP 以外の電気・光学特性の不良率を示したものであり、表6はヒートサイクル試験における遠視野 (FFP) と FFP 以外の電気・光学特性の不良率を示したものである。表5、表6に示す結果を見ての通り、端面保護膜の材質が2酸化珪素以外の場合、寿命試験、ヒートサイクル試験のいずれにおいても、遠視野像(FFP)不良が発生

する。遠視野像(FFP)不良の発生確率は、ヒートサイクル試験の方が高く、さらに、遠視野像(FFP)不良以外の電気・光学特性については、全く不良の発生がない。

【0052】この不良素子を顕微鏡でレーザー光出射部を拡大し、詳細に観察したところ、前述のように、図16(a)、(b)に示す如く発光端面にコーティングしたAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>からなる端面保護膜20bと端

面破壊防止層20であるゴム状有機珪素樹脂20の界面接着部に剥離50が生じていることが判明した。剥離部50の大きさは数 $\mu\text{m}$ から数10 $\mu\text{m}$ で、形はまちまちであり、また、発生場所はランダムであったが、不良素子は、その剥離部の少なくとも一部は、必ずレーザー光出射部51にかかっていた。一方、良品素子では同様の剥離を生じているものの、レーザー光出射部51では発生していなかった。なお、光出射部51は約横5 $\mu\text{m}$ ×1 $\mu\text{m}$ である。 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ の端面保護膜20bを用いた場合、端面保護膜20bとゴム状有機珪素樹脂からなる端面破壊防止層20の間に剥離が生じ、その剥離50がレーザー光出射部51のレーザー光透過部に発生した場合、透過したレーザー光が散乱されその遠視野像(FFP)に乱れを生じ不良となったものと推定される。剥離は、レーザーダイオードチップとゴム状有機珪素樹脂間の熱膨張係数の差異を原因としており、その差異によって端面保護膜20bと端面破壊防止層の間に剥離を発生させたものである。したがって寿命試験に比較してヒートサイクル試験で顕著に不良素子が発生したものである。その他、高温・高湿試験(85℃、85%×1000時間)、半田耐熱試験(260℃、10秒×5サイクル)などの信頼性試験においても同様な不良が認められた。

【0053】一方、 $\text{SiO}_2$ の端面保護膜の場合、上記の様な不良は全く発生しない。顕微鏡でレーザー光出射部を拡大し、詳細に観察しても、ゴム状有機珪素樹脂20との間の接着部には全く剥離が生じていない。 $\text{SiO}_2$ の端面保護膜の場合、界面剥離が起きない理由は、端面破壊防止層であるゴム状有機珪素樹脂の主成分のジメチルポリシロキサンと端面保護膜の成分である $\text{SiO}_2$ の両方ともSi-O結合を、骨格として有しており、その間で接着の際

生ずる化学結合が有効に進行し高い接着強度が得られるためと考えられる。よって、端面保護膜の表面は $\text{SiO}_2$ を用いることが有用である。

【0054】ここでは、端面保護膜と端面破壊防止層の間の接着強度を上げるための端面保護膜の材質について $\text{SiO}_2$ が最適であることを述べてきたが、さらに接着強度を上げるため、端面破壊防止層を形成する前に、紫外線を端面保護膜20b表面に照射してその表面をクリーニングしても良い。ここでは、 $\text{SiO}_2$ 以外の材質の端面保護膜の最表面に、さらに $\text{SiO}_2$ を極薄くコーティングして端面破壊防止層との接着強度を向上させ、その対面剥離を防止した例について説明する。

【0055】前期試験では単層膜の端面保護膜を例にしたが、端面保護膜の機能として発光端面9の酸化防止とともに、多層膜化してその反射率を変え、LDのノイズ特性の向上を図る場合などがあり多層膜の材質の多様性を確保することは重要である。レーザーダイオードチップの発光端面9への端面保護膜20bのコーティングは、前期に示したごとくEB蒸着で行い、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ などを所定膜厚(各 $\lambda/2n$ )コーティングしたのち最後に $\text{SiO}_2$ を276nm( $\lambda/2n$ )コーティングする。その後単層膜の時と同様に組み立てて、樹脂封止形レーザーダイオードとする。信頼性試験としては、最も顕著に端面保護膜と端面破壊防止層間の界面剥離が生じるヒートサイクル試験(条件は単層膜の時と同様)のみとした。表7に試験結果を示す。なお、評価の標準は、前期信頼性試験(単層膜の時)と全く同様である。

【0056】

【表7】

| 試作No. | 端面保護膜<br>材質<br>(厚み:nm)                                   | 不良内訳         | ヒートサイクル数 |     |     |     |
|-------|--|--------------|----------|-----|-----|-----|
|       |  |              | 100      | 200 | 300 | 400 |
| 1     | $\text{Al}_2\text{O}_3$<br>/ $\text{SiO}_2$<br>(150/276) | FFP 不良(%)    | 0        | 0   | 0   | 0   |
|       |  | FFP 以外の不良(%) | 0        | 0   | 0   | 0   |
| 2     | $\text{TiO}_2$<br>/ $\text{SiO}_2$<br>(150/276)          | FFP 不良(%)    | 0        | 0   | 0   | 0   |
|       |  | FFP 以外の不良(%) | 0        | 0   | 0   | 0   |
| 3     | $\text{ZrO}_2$<br>/ $\text{SiO}_2$<br>(150/276)          | FFP 不良(%)    | 0        | 0   | 0   | 0   |
|       |  | FFP 以外の不良(%) | 0        | 0   | 0   | 0   |

【0057】表7に示す試験結果の通り、端面保護膜の最表面の材質を2酸化珪素にすることにより $Al_2O_3$ 、 $TiO_2$ 、 $ZrO_2$ などの材質で頻発した遠視野像（FFP）不良が完全に防止できる。これは単層膜の試験でも述べたように端面破壊防止層であるゴム状有機珪素樹脂の主成分のジメチルポリシロキサンと端面保護膜の成分である $SiO_2$ の両方とも $Si-O$ の結合を骨格として有しているため、その間で接着の際生ずる科学結合が有効に進行し高い接着強度が得られるためと考えられることからである。

【0058】このように目的に応じて端面保護膜に各種材質の多層膜を適用した場合においても、最表面の材質を2酸化珪素にすることにより、信頼性が向上し、長寿命化が可能である。また、最表面の材質を2酸化珪素にした例として、 $SiO_2$ の膜厚を $276nm(\lambda/2n)$ にした例で示したが、これより薄くてもまた、厚くても同様の効果を得られるのは、勿論である。

【0059】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、活性層内のレーザー光を前後方向に射出する発光端面を有するレーザーダイオードチップと、このチップを支持基板を介して支持・制御するリードフレームと、前記チップを外気から密封する封止樹脂と、前記レーザー光の波長帯に対する吸収係数の低い有機珪素樹脂からなりレーザー光による発光端面近傍の封止樹脂の破壊を防止する端面破壊防止層とを有する樹脂封止形レーザーダイオード装置において、前記有機珪素樹脂がゴム状ジメチルポリシロキサンを主成分とする熱硬化型樹脂からなるとともに端面破壊防止層の膜厚が前記チップの活性層の面の延長平面上の前方発光端面側で $50\mu m$ 以上にする構成とするものであり、このような本発明の構成によれば、封止樹脂への光損傷が軽減されるので、装置の寿命を飛躍的に増加させることができる。

【0060】また前記チップの支持基板が前記活性層の面と平行に形成されたフォトダイオードの受光面を備え、この受光面により後方発光側のレーザー光をモニターするものであり、また前記チップがその前方発光端面を前記支持基板の端面と面を揃えて固定されると共にリードフレーム上に搭載されているものであってよく、このような構成によれば、レーザー光の後方発光側においても端面破壊防止層の膜厚が厚いので、モニター電流値に影響のあるような樹脂の界面剥離を防ぐことができるので、長寿命化が可能になる。

【0061】さらにまたレーザーダイオードチップが、リードフレームの前記前方発光側の端部から、前記レーザー光がこのリードフレームにより実質的に遮光されない範囲内の位置に固定されることができ、その固定される位置が、リードフレームの端部からの距離を $X$ 、リードフレームから前記活性層までの距離を $L$ 、レーザー光の垂直放射方向の半値全幅角を $\Theta$ 、とすると、 $0 < X < L \cot(\Theta/2)$ であってよいものである。このような構

成によれば、リードフレームによりレーザー光が実質的に遮光されることがなくかつレーザー光の前方発光側の端面破壊防止層の膜厚を容易に厚くできるので、長寿命の装置を非常に作り易くなるメリットがある。

【0062】さらにまたゴム状有機珪素樹脂と接する前期端面保護膜の材質が少なくともその表面において、 $SiO_2$ を主成分として構成するものであり、このような構成によれば、端面保護膜と端面破壊防止層との接着強度が向上されるので、信頼性における遠視野像（FFP）不良が完全に防止され樹脂封止形レーザーダイオード装置の信頼性が向上し、長寿命化が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる樹脂封止形レーザーダイオード装置の一例の斜視図である。

【図2】本発明にかかるレーザーダイオードチップの要部断面斜視図である。

【図3】本発明にかかるレーザーダイオードチップ断面図である。

【図4】本発明にかかる異なる樹脂封止形レーザーダイオード装置の断面図である。

【図5】本発明にかかるレーザーダイオードチップ要部拡大断面図である。

【図6】本発明にかかる樹脂封止形レーザーダイオード装置の一例の製造プロセスを示す図である。

【図7】劣化した樹脂封止形レーザーダイオード装置の端面破壊防止層と封止樹脂との界面の剥離個所を示す断面図である。

【図8】端面破壊防止層のコーティング領域の例を示す樹脂封止形レーザーダイオード装置の要部断面図および要部平面図である。

【図9】従来のキャンタイプレーザーダイオード装置の一部切開斜視図である。

【図10】劣化した樹脂封止形レーザーダイオード装置の端面破壊防止層と封止樹脂との界面の剥離個所を示す平面図である。

【図11】劣化していない樹脂封止形レーザーダイオード装置の端面破壊防止層と封止樹脂との界面の剥離個所を示す平面図である。

【図12】端面破壊防止層の断面形状を示す断面図である。

【図13】本発明にかかるリードフレームの平面図である。

【図14】本発明にかかる異なるリードフレームの平面図である。

【図15】図14に示すリードフレームを用いた樹脂封止形レーザーダイオード装置の断面図である。

【図16】劣化した樹脂封止形レーザーダイオード装置お端面保護膜と端面破壊防止層との界面剥離個所を示す断面図

【図17】電子ビーム蒸着の蒸着治具の斜視図

(14)

特開平7-321407

25

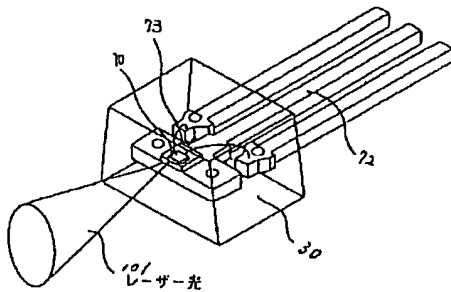
26

【符号の説明】

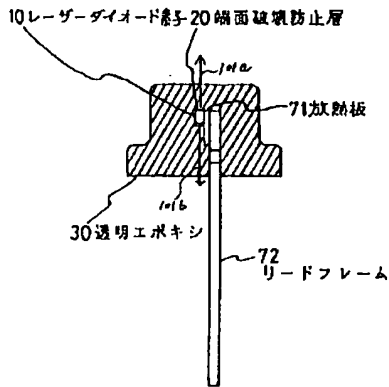
- 4 活性層
- 9 発光端面
- 10 レーザダイオードチップ
- 20 端面破壊防止層
- 20b 端面保護膜
- 30 封止樹脂層
- 50 剥離部
- 51 レーザ光出射部
- 71 支持基板

- 72, 720 リードフレーム
- 73 フォトダイオード
- 73a 受光面
- 80 剥離部
- 101 レーザ光
- d 端面破壊防止層の膜厚
- L リードフレームから活性層までの距離
- $\Theta_v$  レーザ光の垂直放射方向の半値全幅角
- X リードフレームの端部から活性層直下までの距離
- 10 距離

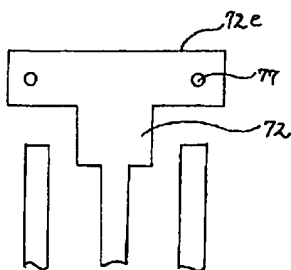
【図1】



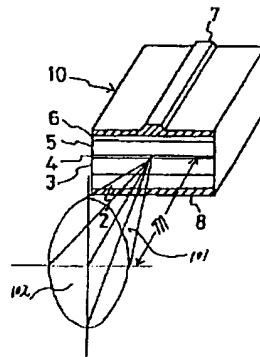
【図4】



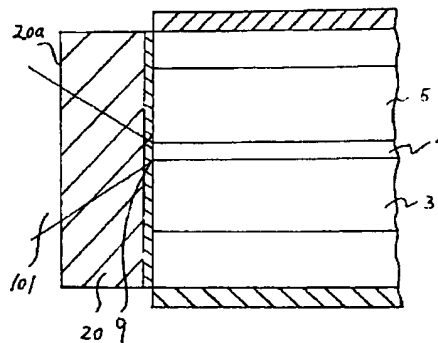
【図13】



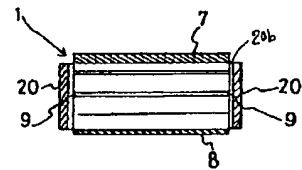
【図2】



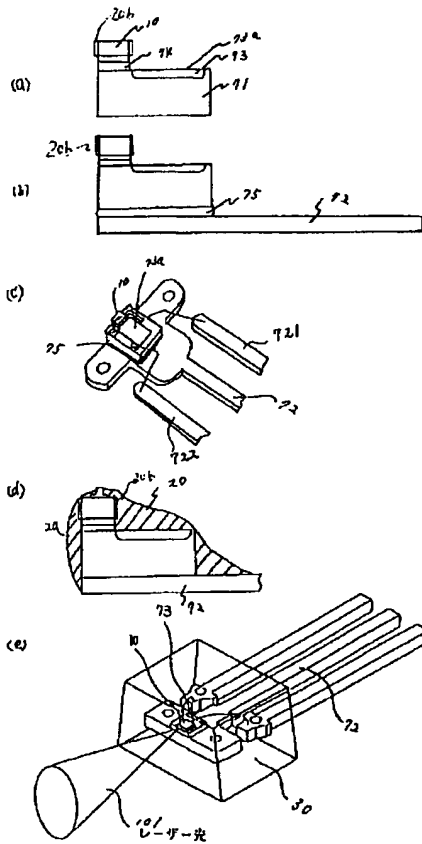
【図5】



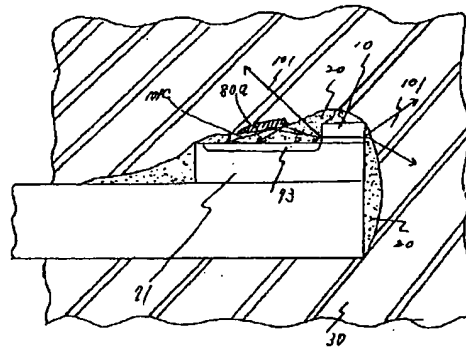
【図3】



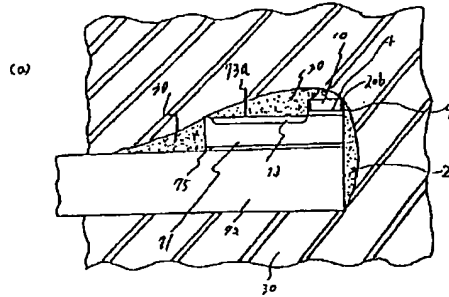
【図6】



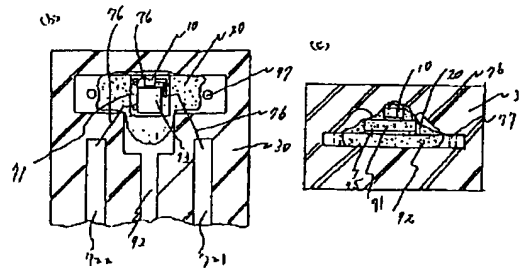
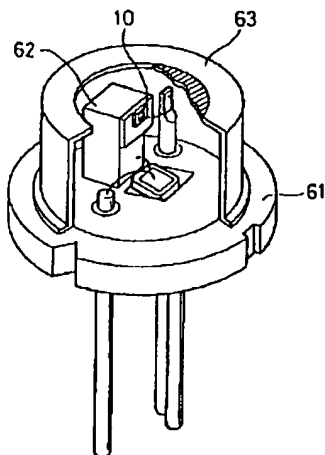
【図7】



【図8】

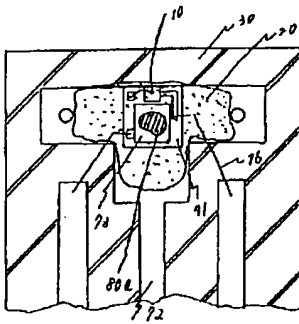


【図9】

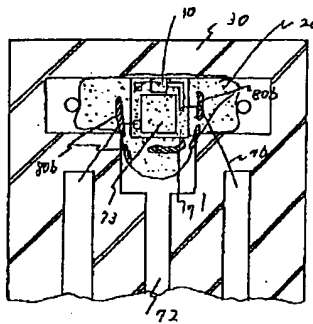




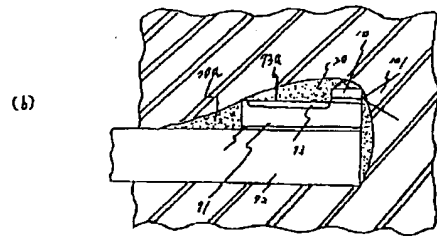
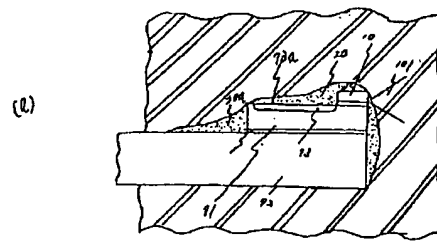
【図10】



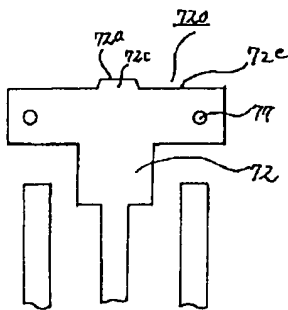
【図11】



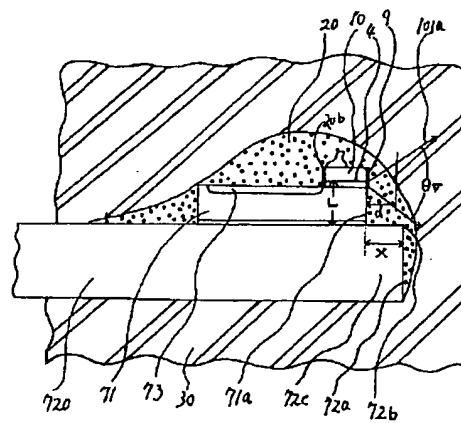
【図12】



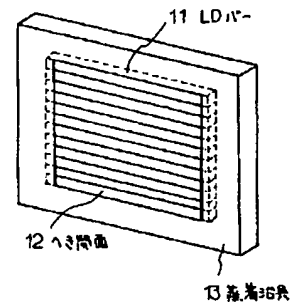
【図14】



【図15】



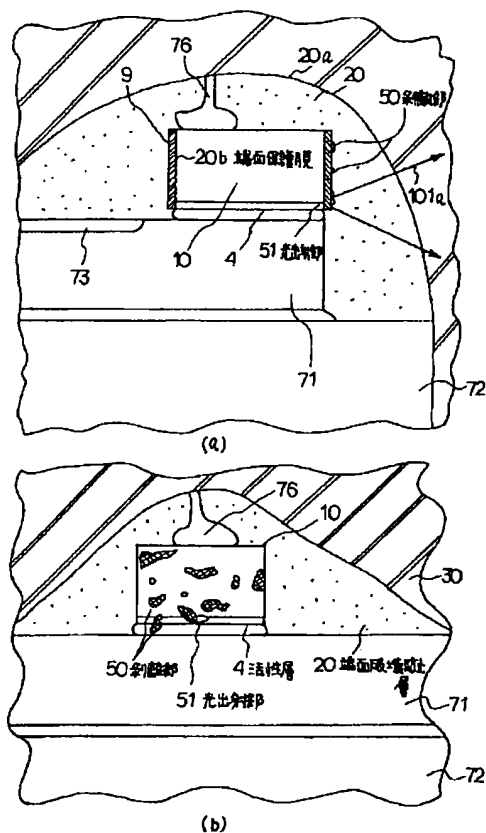
【図17】



(17)

特開平7-321407

【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 梅垣 卓

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号  
富士電機株式会社内

(72)発明者 永野 悟

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号  
富士電機株式会社内